

10/535643 H/V  
F011/DEUS/U5647

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Rec'd PCT/PTO 19 MAY 2005



REC'D 22 JAN 2004  
WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 54 844.7

Anmeldetag: 25. November 2002

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine

IPC: F 02 D 41/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

DR. K. H. L.

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart

Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der jeweiligen unabhängigen Ansprüche.

Ein hier betroffenes Hochdruck-Einspritzsystem sowie ein mit einem Piezo-Aktor als Einspritzaktor ausgestattetes Einspritzventil (Injektor) gehen aus der DE 100 32 022 A1 und der DE 100 02 270 C1 hervor. Ein solches Einspritzventil dient zur fein regulierbaren Kraftstoffzumessung in den Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine.

In einem solchen Einspritzventil dient der Piezo-Aktor zur Steuerung der Bewegung einer Düsenadel des Einspritzventils, wobei entweder die Düsenadel selbst oder ein die Bewegung der Düsenadel steuerndes Steuerventil angesteuert wird.

Zur exakten Zumessung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum ist eine möglichst genaue Kenntnis des Hubes des Piezo-Aktors bzw. der Düsenadel im Zusammenspiel mit dem Steuerventil erforderlich. Wie aus der Fig. 1 zu ersehen, wird bei den in der DE 100 02 270 C1 beschriebenen Piezo-Common-Rail(PCR)-Systemen über den Piezo-Aktor

und einen zwischengeschalteten hydraulischen Koppler das Steuerventil betätigt, welches wiederum durch Modulation des Druckes in einem sogenannten Steuerraum die Düsenadelbewegung steuert.

Die für eine bestimmte Einspritzmenge erforderliche, impulsförmige Ansteuerspannung dieser Piezo-Aktoren ist bekanntermaßen von Zustandsgrößen des Einspritzsystems wie bspw. den in einem Common-Rail momentan herrschenden Raildruck oder der Temperatur des Piezo-Aktors abhängig. Daher muß zur Ermöglichung kleinster Einspritzmengen eine entsprechende Adaption der Ansteuerspannung erfolgen. Die genannte Abhängigkeit vom Raildruck ergibt sich aus der vorgenannten Funktionsweise des Einspritzventils und die genannte Temperaturabhängigkeit aus dem mit der Temperatur veränderlichen Hub des Piezo-Aktors. Die Auswirkung auf die Einspritzmenge ergibt sich durch den unterschiedlichen realen Ansteuerbeginn bzw. das Ansteuerende bei variierendem Aktorhub oder variierendem hydraulischen und mechanischen Betriebsparametern.

Zu den genannten Zustandsgrößen hinzu kommen Exemplarstreuungen insbesondere des Aktorhubs und Streuungen bei der Funktion des hydraulischen Kopplers, beim Steuerventilsitz, o.ä.

Die genannten Effekte werden im Stand der Technik im Rahmen einer stationär durchgeföhrten „worst-case“-Betrachtung berücksichtigt, d.h. sie können nicht bei einer im Betrieb der Brennkraftmaschine erfolgenden Ansteuerung berücksichtigt werden. Daher wird nicht ermöglicht, die Genauigkeit der Einspritzmengen im Betrieb noch weiter zu verbessern. Gerade im Hinblick auf zukünftig einzuhaltende Abgasnormen wird dies nachteilig sein.

Aus der DE 39 29 747 A1 geht ferner ein Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems mit einer Hochdruckkraftstoffpumpe hervor, wobei die in die jeweiligen Verbrennungsräume der Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmenge mittels Magnetventilen gesteuert wird. Fertigungs- und altersbedingte Streuungen in der eingespritzten Kraftstoffmenge in die einzelnen Verbrennungsräume bewirken, dass bei gleichem Ansteuersignal unterschiedliche Kraftstoffmengen zugeführt werden, was

insbesondere bei in Voreinspritzungen eingespritzten Kleinstmengen zu erheblichen Mengenfehlern führen. Zur Vermeidung dieser Streuungen wird in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine die Impulsdauer der Ansteuerimpulse des Magnetventils, bei der gerade eine Voreinspritzung einsetzt, ermittelt. Ausgehend von der so ermittelten Dauer der Ansteuerimpulse werden Abgleichsignale für die Ansteuerimpulse gebildet und dauerhaft abgespeichert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass durch Adaption der Ansteuerspannung von Einspritzaktoren, beispielsweise Piezo-Aktoren, eines Einspritzsystems die Mengengenauigkeit an zugemessenem Kraftstoff, insbesondere auch im Betrieb der Brennkraftmaschine bzw. eines zugundeliegenden Kraftfahrzeuges, erhöht wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Einspritzsystems, beispielsweise eines Common-Rail- oder eines Pumpe-Düse-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor, wobei die Ansteuerung des Einspritzaktors von wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems abhängig ist, wird zunächst die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert. Danach wird wenigstens einer der Einspritzaktoren mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert und währenddessen eine Einspritzerkennung durchgeführt. Im Falle, dass zunächst keine Einspritzung erkannt wird, wird die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert, bis eine Einspritzung erkannt wird. Im Falle einer erkannten Einspritzung wird die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, dass die für jeden einzelnen Einspritzaktor bzw. Injektor bei der jeweiligen Betriebsbedingung des Einspritzsystems, bspw. dem momentan herrschenden Raildruck und der Temperatur des Einspritzaktors bzw. Injektors, erforderliche Ansteuerspannung im Betrieb der Brennkraftmaschine bzw. des zugrundeliegenden Kraftfahrzeuges an den aktuell vorliegenden Betriebszustand adaptiert wird. Die genannte Zustandsgröße des Einspritzsystems umfasst vorliegend auch Betriebsgrößen des Einspritzaktors selbst, welche insbesondere von Exemplarstreuungen bei dessen Herstellung herrühren.

Bei der Erfindung liegt insbesondere der an sich bekannte Effekt zugrunde, dass bei den hier betroffenen Einspritzventilen bzw. Einspritzaktoren eine minimale, raildruck-abhängige Ansteuerspannung erforderlich ist, um eine wirksame Einspritzung zu realisieren. Wird der Einspritzaktor allerdings mit einer geringeren Spannung beaufschlagt, so reicht die dadurch erzeugte Kraft nicht aus, um das Steuerventil gegen den Raildruck zu öffnen.

Der Erfindung liegt auch die Erkenntnis zugrunde, dass bei sukzessiver Erhöhung der Ansteuerspannung eine Einspritzung instantan einsetzt, sobald die Ansteuerspannung ausreichend groß ist. D.h. es existiert eine scharfe Trennung hinsichtlich der Systemreaktion bzgl. einer zu kleinen/ausreichenden Ansteuerspannung. Das vorgeschlagene Verfahren macht sich diese Eigenschaft zu Nutze, indem die im Betrieb der Brennkraftmaschine adaptierten Werte der Ansteuerspannung  $U_{erf}$  dazu verwendet werden, Kennlinie(n), Kennfelder oder Tabellen insbesondere der Wertepaare  $U_{erf}(p_{rail})$  und/oder  $U_{erf}(T_{Aktor})$  mit großer Präzision unter realen Betriebsbedingungen zu ermitteln.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Ansteuerspannung ohne zusätzlichen sensorischen Aufwand an sich ändernde Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, insbesondere sich ändernde Zustandsgrößen des Einspritzsystems, adaptiert werden kann, womit sich im Ergebnis eine gegenüber dem Stand der Technik noch präzisere Kraftstoffzumessung ergibt.

Das Verfahren ermöglicht eine für jedes Einspritzventil bzw. Injektor spezifische und für jeden Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine individuelle Adaption der jeweiligen elektrischen Ansteuerspannung bei der Zumessung von Kraftstoff.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung insbesondere zur Ausführung des vorgenannten Verfahrens, welche erste Mittel zur Erfassung der wenigstens einen Zustandsgröße und zur Zwischenspeicherung einer etwa erfassten Zustandsgröße, zweite Mittel zur Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe, dritte Mittel zur Durchführung einer Einspritzerkennung bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors, vierte Mittel zur Inkrementierung der Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer, sowie fünfte Mittel zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße im Falle einer erkannten Einspritzung aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch eingehender erläutert, aus denen weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung hervorgehen.

Im Einzelnen zeigen

- Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Einspritzsystems gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine schematische, ausschnittweise Darstellung eines im Stand der Technik bekannten Kraftstoffeinspritzventils für Brennkraftmaschinen im Längsschnitt;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Einrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4 exemplarische Ansteuerimpulse zur Illustration der Ansteuerung eines Einspritzaktors gemäß der Erfindung; und

Fig. 5 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Prozedur zur Ansteuerung eines Einspritzaktors anhand eines Flussdiagrammes.

Die Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Kraftstoffeinspritzsystems einer selbstzündenden Brennkraftmaschine gemäß dem Stand der Technik (DE 39 29 747 A1). Die hier nur schematisch dargestellte Brennkraftmaschine 10 erhält von einer Einspritzeinheit 30 eine bestimmte Kraftstoffmenge zugemessen. Der momentane Betriebszustand der Brennkraftmaschine 10 wird mittels Sensoren 40 erfasst und die so erfassten Messwerte 15 an ein Steuergerät 20 übermittelt. Diese Messwerte umfassen bspw. die Drehzahl und die Temperatur der Brennkraftmaschine sowie den tatsächlichen Einspritzbeginn und evtl. noch weitere Größen 25, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine charakterisieren, wie bspw. die Stellung eines Fahrpedals 25 oder der Umgebungsluftdruck. Das Steuergerät 20 berechnet anhand der Messwerte 15 und der weiteren Größen 25 entsprechend der vom Fahrer gewünschten Kraftstoffmenge Ansteuerimpulse 35, mit denen ein mengenbestimmendes Glied der Einspritzeinheit 30 beaufschlagt wird. Als mengenbestimmendes Glied dient dort ein Magnetventil, welches so angeordnet ist, dass durch die Öffnungsduauer bzw. die Schließdauer des Magnetventils die einzuspritzende Kraftstoffmenge festgelegt wird. Allerdings ist anzumerken, dass anstelle von Magnetventilen auch andere elektrisch steuerbare Einspritzventile mit bspw. Piezo-Aktoren angeordnet sein können. Das nachfolgend beschriebene Verfahren ist davon jedoch unberührt.

Das (nicht gezeigte) Magnetventil ist insoweit nachteilig, als sich bei identischem Ansteuerimpuls unterschiedliche Schließzeiten ergeben können und daher bei gleicher Zeitdauer des Ansteuerimpulses und sonst gleichen Betriebsparametern unterschiedliche Kraftstoffmengen eingespritzt werden. Da die Ansteuerimpulse insbesondere bei Voreinspritzungen üblicherweise sehr kurz sind, kann nun der Fall eintreten, dass bei einzelnen Magnetventilen keine Voreinspritzung erfolgt oder die Voreinspritzung so stark wird, dass sich die Abgaswerte der Brennkraftmaschine verschlechtern.

In der Fig. 2 ist ein im Stand der Technik (DE 100 02 270 C1) bekanntes, piezoelektrisch steuerbares Einspritzventil 101 in einer Schnittzeichnung dargestellt. Das Ventil 101 weist einen piezoelektrischen Aktor 104 zur Betätigung eines in einer Bohrung 113 eines Ventilkörpers 107 axial verschiebbaren Ventilglieds 103 auf. Das Ventil 101 weist ferner einen an den piezoelektrischen Aktor 104 angrenzenden Stellkolben 109 sowie einen an ein Ventilschließglied 115 angrenzenden Betätigungs Kolben 114 auf. Zwischen den Kolben 109, 114 ist eine als hydraulische Übersetzung arbeitende Hydraulikkammer 116 angeordnet. Das Ventilschließglied 115 wirkt mit wenigstens einem Ventilsitz 118, 119 zusammen und trennt einen Niederdruckbereich 120 von einem Hochdruckbereich 121. Eine nur schematisch angedeutete elektrische Steuereinheit 112 liefert die Ansteuerspannung für den piezoelektrischen Aktor 104 in Abhängigkeit insbesondere des Druckniveaus im Hochdruckbereich 121.

Die in der Fig. 3 gezeigte Einrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine umfasst ein sogenanntes Freigabemodul 200, welches in dem Ausführungsbeispiel mittels eines von einem nicht gezeigten Steuergerät bereitgestellten Schub-Bits 205 freischaltbar ist. Dadurch ist gewährleistet, dass die erfindungsgemäße Prozedur ausschließlich im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird. Mögliche weitere Eingangsgrößen des Freigabemoduls sind der momentane Raildruck und/oder die momentane Temperatur des Piezo-Aktors. Mittels dieser weiteren Größen kann erreicht werden, dass die Prozedur nur bei Vorliegen eines stationären Betriebszustandes des Einspritzsystems durchgeführt wird, wodurch die Genauigkeit der letztlich zu ermittelnden Ansteuerspannung wesentlich erhöht werden kann. Um den Raildruck während der Ausführung der Prozedur möglichst konstant zu halten, ist ferner eine Raildruck-Regelung 210 angeordnet, deren Betrieb durch das Freigabemodul 200 getriggert wird. Entsprechend getriggert wird auch ein Funktionsmodul 215 zur erfindungsgemäßen Ansteuerung der Einspritzaktoren und nachfolgenden Adaption der Ansteuersignale. Ein weiteres Eingangssignal 220 des zuletzt genannten Funktionsmoduls 215 wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel von einem Drehzahlsignal-Auswertemodul 225 bereitgestellt, welches anhand eines vom Steuergerät bereitgestellten Drehzahlsignals eine Einspritzerkennung durchführt.

In der Fig. 4 sind typische Ansteuerspannungsimpulse dargestellt, um die schrittweise Erhöhung der Ansteuerspannung bei konstanter Ansteuerdauer zu verdeutlichen. Der erste Spannungsimpuls 400 unterscheidet sich von dem zweiten Spannungsimpuls 405 nur durch das gezeigte Spannungsinkrement  $\Delta U_1$ , wobei die gezeigte mittlere Impulsdauer  $\Delta t_1$  bei beiden Spannungsimpulsen übereinstimmt.

Bei dem in der Fig. 5 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Prozedur wird angenommen, dass eine Ansteuerung eines einzelnen Einspritzaktors bzw. Injektors vorgenommen wird. Zusätzlich wird angenommen, dass die nachfolgenden Schritte mittels des bereits genannten Freigabemoduls 500 ausschließlich im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine ausgeführt werden.

Im gezeigten Schritt 505 wird zunächst geprüft, ob eine Freigabe zur Adaption der Ansteuerspannung der Einspritzaktoren erfolgt ist. Ist diese Freigabe nicht erfolgt, wird die Adaption nicht durchgeführt 510. Wird die Adaption freigegeben, wird im nachfolgenden Schritt 515 geprüft, ob der Raildruck mittels der genannten Raildruck-Regelung 210 bereits auf einen innerhalb vorgebbarer Schranken liegenden Wert eingeregelt ist. Ist die Einregelung noch nicht abgeschlossen, wird zu Schritt 505 zurückgesprungen. Andernfalls erfolgt eine Ansteuerung 520 eines einzelnen Einspritzventils bzw. Injektors vorgenommen und dessen Piezo-Aktor zunächst mit einer Spannung  $U_{min}$  beaufschlagt, welche so gewählt ist, dass in dem Injektor noch keine Einspritzung erfolgt. D.h. die Höhe der Spannung  $U_{min}$  ist so bemessen, dass sie noch nicht ausreicht, um bei dem im Rail vorherrschenden Raildruck das Steuerventil zu öffnen und eine Einspritzung zu bewirken. Die genannte Ansteuerung 520 erfolgt dabei mit einer vorgegebenen festen Ansteuerdauer  $AD = \text{const.}$

Während der beschriebenen und der nachfolgenden Ansteuerungen wird jeweils die Systemreaktion, d.h. das Erfolgen einer Einspritzung in den dem angesteuerten Injektor zugeordneten Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine, überwacht 525. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt dies mittels des bereits genannten Drehzahlsignalauswertemoduls 225. Wird eine Einspritzung erkannt, wird die dafür ursächliche Ansteuerspannung  $U_{erf}$  zusammen mit dem aktuell vorliegenden Wert des Raildrucks dauerhaft abgespeichert 530. Im Falle jedoch, dass keine Einspritzung erkannt

wird, wird die Ansteuerspannung solange schrittweise inkrementiert 535 und danach jeweils das Drehzahlsignal überwacht, bis eine momentenbildende und damit drehzahlerhörende Einspritzung erkannt wird 525. Die dann zugrundeliegende Ansteuerspannung  $U_{erf}$  wird zusammen mit dem Raildruckwert entsprechend abgespeichert 530.

Die in der Fig. 5 gezeigte Prozedur wird in dem Ausführungsbeispiel bei unterschiedlichen Raildrücken ausgeführt und dadurch die Erfassung einer Kennlinie  $U_{erf}(p_{Rail})$  ermöglicht. Die Feinheit der vorbeschriebenen Inkremente der Ansteuerspannung bestimmt wesentlich die erreichbare Streuung der ermittelten Kennlinienwerte und damit letztlich die maximal erreichbare Präzision bei der Kraftstoffzumessung. Die so ermittelten Werte der Ansteuerspannung stellen jeweils Mindestspannungen dar, welche bei dem aktuellen Raildruck zu einer Aktorbewegung und damit zu einer mittelbar messbaren Einspritzung führen.

Die vorbeschriebene Prozedur kann ferner bei allen Verbrennungsräumen (Zylindern) der Brennkraftmaschine angewendet werden. Dabei kann es erforderlich sein, den Raildruck im Schubbetrieb auf einen Wert zu regeln, der vom üblicherweise in dem betreffenden Betriebspunkt der Brennkraftmaschine herrschenden Raildruck abweicht. Demzufolge wird auch der erreichbare Raildruckbereich nach oben hin begrenzt sein, so dass die Adaption nur innerhalb eines begrenzten Raildruckbereiches durchgeführt werden kann und eine Extrapolation für den übrigen Raildruckbereich erfolgen muss.

In einem anderen Ausführungsbeispiel wird der jeweils ermittelte Wert der Ansteuerspannung mit vorab empirisch festgelegten Sollspannungswerten verglichen und aus der ggf. sich ergebenden Differenz ein Korrekturwert bestimmt.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt die Ablage der ermittelten Werte der Ansteuerspannung in der Kennlinie gefiltert. Wenn bspw. der Raildruck den bei der Kennlinie zugrundegelegten, gerade aktiven Druckbereich verlässt, wird der jeweils neu adaptierte Wert der Ansteuerspannung vor der Ablage mit dem alten Spannungswert gefiltert, insbesondere mit diesem gewichtet, womit der Einfluss von Messstörungen bei der Erstellung der Kennlinie verringert wird.

Wie bereits erläutert, erfolgt die genannte Einspritzerkennung mittelbar anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine. Auf die dabei zugrunde gelegte Betriebskenngroße kommt es allerdings nicht an. Eine bevorzugte Betriebskenngroße ist, wie vorbeschrieben, die Drehzahl bzw. der Wert eines von der Brennkraftmaschine bzw. einem entsprechenden Motorsteuergerät bereitgestellten Drehzahlsignals. Daneben kommen andere im Steuergerät bereits vorliegende Größen wie bspw. das von einem Brennraumdrucksensor bereitgestellte Drucksignal, das von einem im Verbrennungsraum angeordneten Klopfsensor bereitgestellte Klopfsignal oder das von einem Ionenstromsensor bereitgestellt Ionenstromsignal in Betracht.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Größe der bei dem beschriebenen Verfahren fest vorgegebenen Ansteuerdauer so gewählt, dass bei dem aktuellen Raildruck maximal eine Einspritzmenge realisiert wird, die für den Fahrer des zugrundeliegenden Fahrzeuges nicht spürbar ist, so dass sich durch die vorbeschriebene Adoptionsprozedur keine Komforteinbuße einstellt.

Es ist anzumerken, dass die vorbeschriebene Kennlinie  $U_{erf}(p_{Rail})$  nur beispielhaft ist und andere Kenngrößenpaare wie bspw. die Ansteuerspannung „ $U_{erf}$ “ über der Aktortemperatur „ $T_{Piezo-Aktor}$ “ zugrundegelegt werden können. Zudem wird das vorbeschriebene Einspritzsystem mit einem piezoelektrisch gesteuerten Einspritzaktor nur als Ausführungsbeispiel verstanden und kann bspw. auch magnetisch gesteuerte Aktoren oder dgl. umfassen.

Das vorbeschriebene Verfahren ist in einem in der Fig. 1 gezeigten Steuergerät in Form einer Programmroutine oder in Form von separaten Steuerungselementen einer entsprechenden Vorrichtung implementierbar. Die programmtechnischen Details einer solchen Implementierung sind dem einschlägigen Fachmann in Kenntnis des Vorstehenden geläufig und werden daher hier nicht näher erläutert.

Das vorbeschriebene Verfahren und die Vorrichtung wurden am Beispiel eines Common-Rail-Einspritzsystems erläutert. Die Erfindung ist aber nicht auf Common-Rail-

Einspritzsysteme beschränkt, sondern kann auch bei anderen Hochdruck-Einspritzsystemen, beispielsweise bei Pumpe-Düse-Systemen Anwendung finden.

R. 303857

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10) mit wenigstens einem mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor (104), wobei die Ansteuerung (215) des Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert wird, dass der wenigstens eine Einspritzaktor (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert wird (520), dass bei der Ansteuerung (520) des wenigstens einen Einspritzaktors (104) eine Einspritzerkennung durchgeführt wird (525), dass die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert wird (535), bis eine Einspritzung erkannt wird (525), und dass im Falle einer erkannten Einspritzung die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert (530) und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße des Einspritzsystems nur dann dauerhaft abgespeichert wird, wenn die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall nur innerhalb einer vorgebbaren Schwankungsbreite variiert (515).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsimpulshöhe des Ansteuerimpulses so gewählt wird (400), dass bei dem momentanen Wert der Zustandsgröße noch keine Einspritzung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Schritte bei wenigstens zwei unterschiedlichen Werten der Zustandsgröße durchgeführt werden und die jeweils sich ergebende Impulshöhe

des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion des jeweiligen Wertes der Zustandsgröße in eine Tabelle, ein Kennfeld oder eine Kennlinie dauerhaft abgespeichert wird und die Tabelle oder das Kennfeld oder die Kennlinie im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses in Abhängigkeit vom jeweiligen Wert der Zustandsgröße gefiltert oder gewichtet in die Tabelle oder das Kennfeld oder die Kennlinie abgespeichert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zustandsgröße des Einspritzsystems durch den im Einspritzsystem momentan herrschenden Raildruck oder die im Einspritzsystem momentan herrschende Temperatur oder durch Exemplarstreuungen des Einspritzsystems oder seiner Komponenten gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Schritte nur im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine ausgeführt werden (500 - 510).
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einspritzerkennung mittelbar anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine erfolgt, und zwar bevorzugt anhand eines Drehzahlsignals und/oder eines Brennraumdruckssignals und/oder eines Klopfsignals und/oder eines Ionenstromsignals der Brennkraftmaschine erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Schritte für sämtliche Verbrennungsräume der Brennkraftmaschine zyklisch ausgeführt werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Werte der Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden

Ansteuerimpulses mit vorgebbaren Sollwerten verglichen werden und aus einer dabei sich ergebenden Abweichung eine Korrekturgröße bestimmt wird, mittels der das Einspritzsystem zukünftig betrieben wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulsdauer der Ansteuerimpulse so gewählt wird, dass bei dem vorliegenden Wert der Zustandsgröße eine Einspritzmenge realisiert wird, die eine möglichst geringe Einflussnahme auf den Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleistet.
12. Vorrichtung zur Steuerung eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10), wobei das Einspritzsystem wenigstens einen mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor (104) aufweist und wobei die Ansteuerung (215) des Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems durchgeführt wird, gekennzeichnet durch erste Mittel zur Erfassung der wenigstens einen Zustandsgröße und zur Zwischenspeicherung der erfassten Zustandsgröße, zweite Mittel (520) zur Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebarer Impulsdauer und vorgebarer Ausgangsimpulshöhe, dritte Mittel (525) zur Durchführung einer Einspritzerkennung bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors (104), vierte Mittel (535) zur Inkrementierung der Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer, und fünfte Mittel (530) zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße im Falle einer erkannten Einspritzung.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die fünften Mittel (530) einen Vergleicher umfassen, mittels dessen geprüft wird, ob die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall innerhalb einer vorgebbaren Schwankungsbreite variiert, wobei die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße des Einspritzsystems nur dann dauerhaft abgespeichert wird, wenn der Vergleicher

feststellt, dass die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall tatsächlich innerhalb der vorgebbaren Schwankungsbreite variiert.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dass die fünften Mittel (530) wenigstens eine Tabelle, ein Kennfeld oder eine Kennlinie zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße aufweisen, welche im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, gekennzeichnet durch sechste Mittel (500 - 510) zur Erkennung eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine.

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart**

**Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine**

**Zusammenfassung**

Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Betrieb eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10), wobei eine Ansteuerung (215) eines Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems durchgeführt wird, ist zur Erhöhung der Mengengenauigkeit an zugemessenem Kraftstoff vorgesehen, dass die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert wird, dass der wenigstens eine Einspritzaktor (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert wird (520), dass bei der Ansteuerung (520) des wenigstens einen Einspritzaktors (104) eine Einspritzerkennung durchgeführt wird (525), dass die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert wird (535), bis eine Einspritzung erkannt wird (525), und dass im Falle einer erkannten Einspritzung die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert (530) und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.

(Fig. 5)

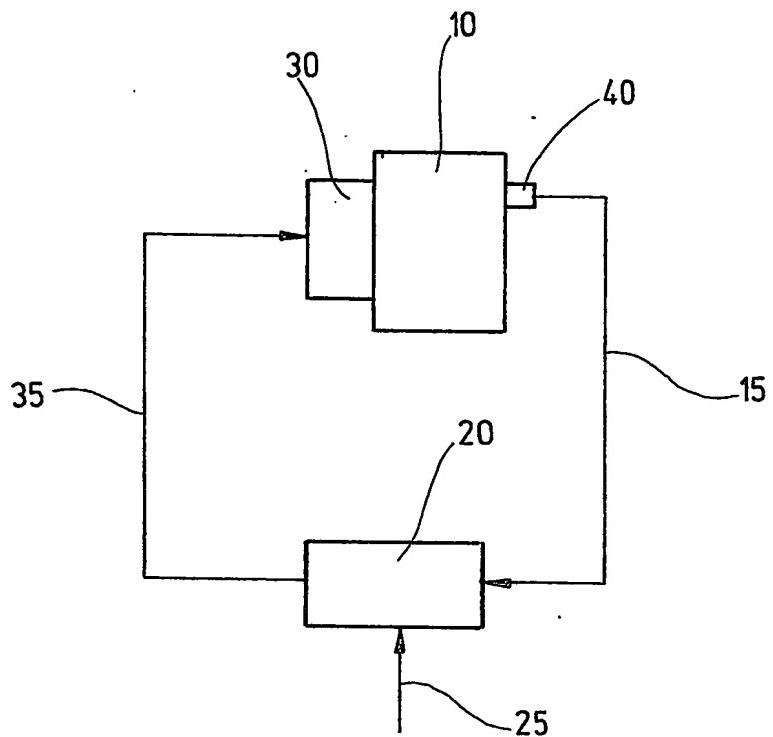


Fig.1 (Stand der Technik)

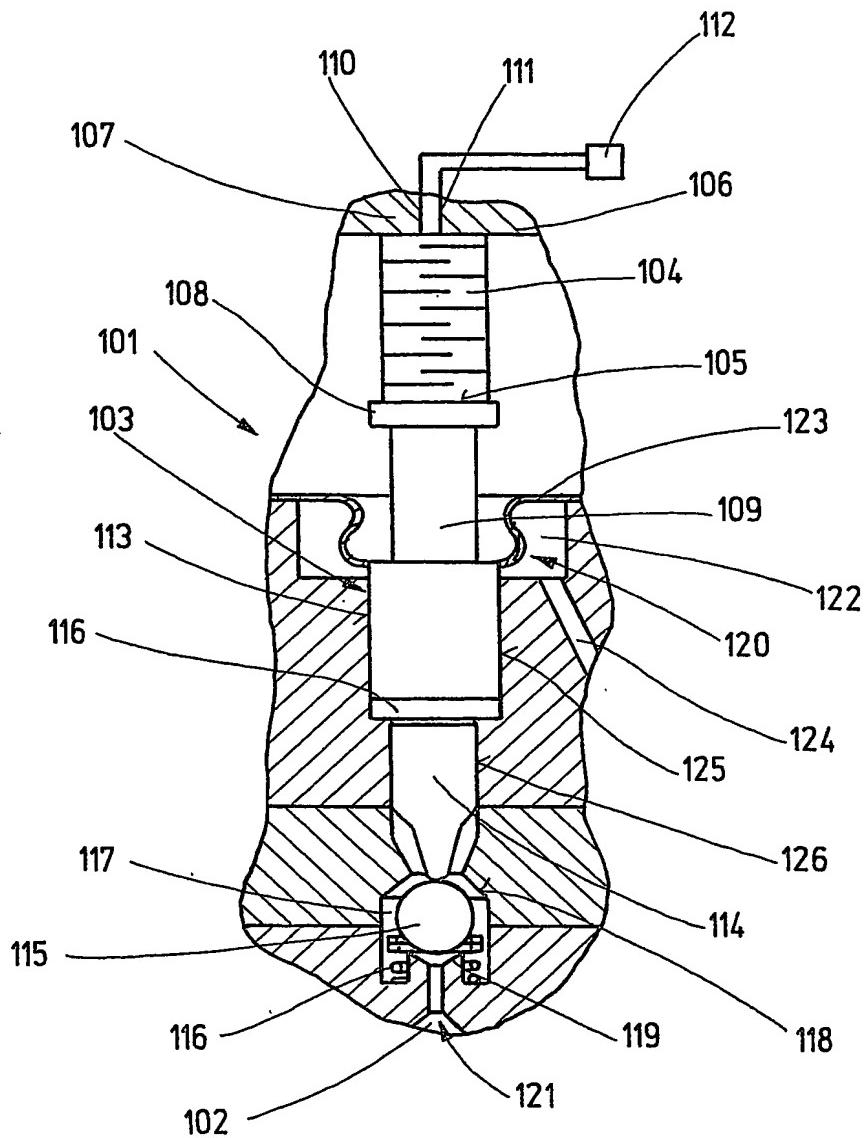


Fig.2 (Stand der Technik)

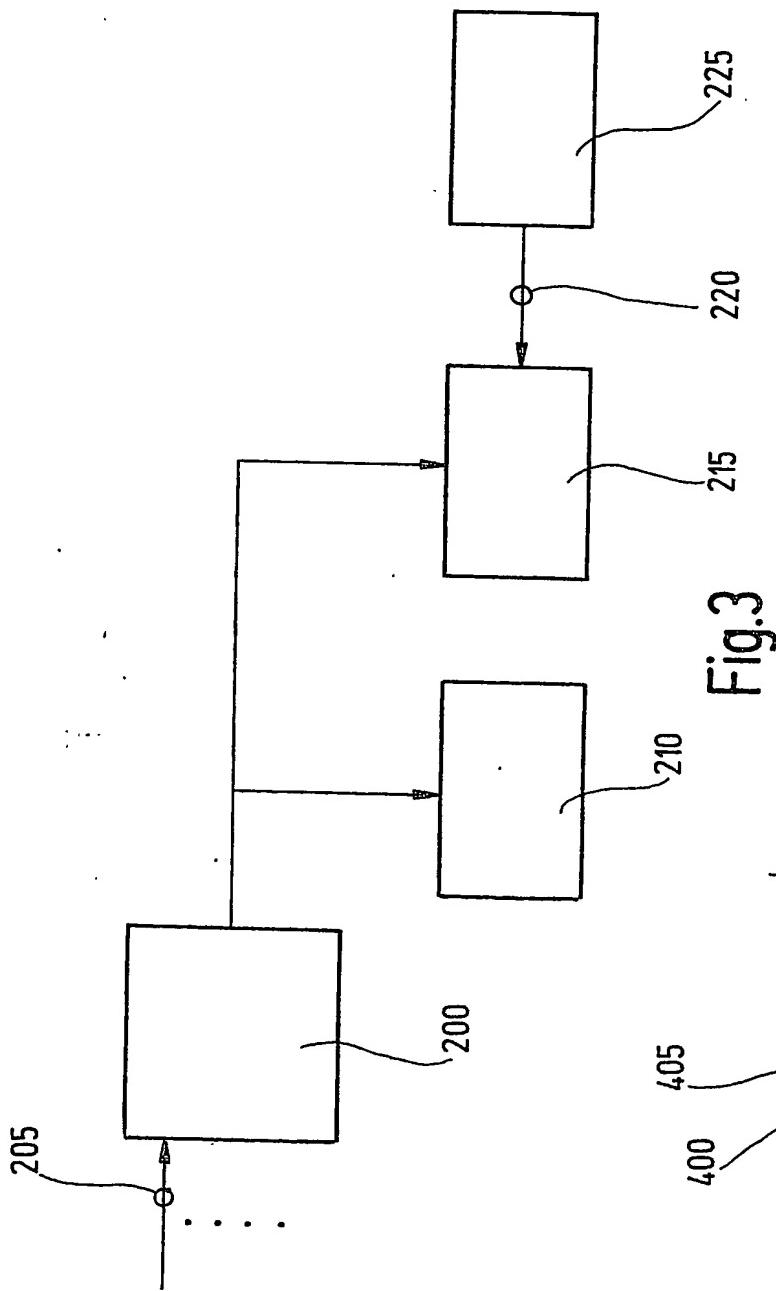


Fig.3

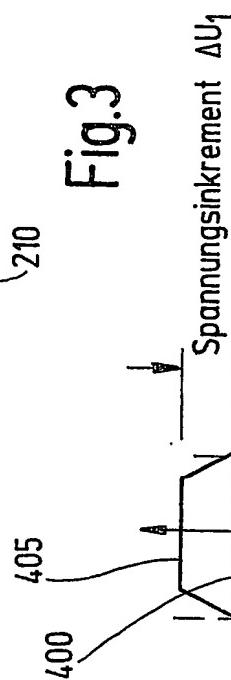


Fig.4

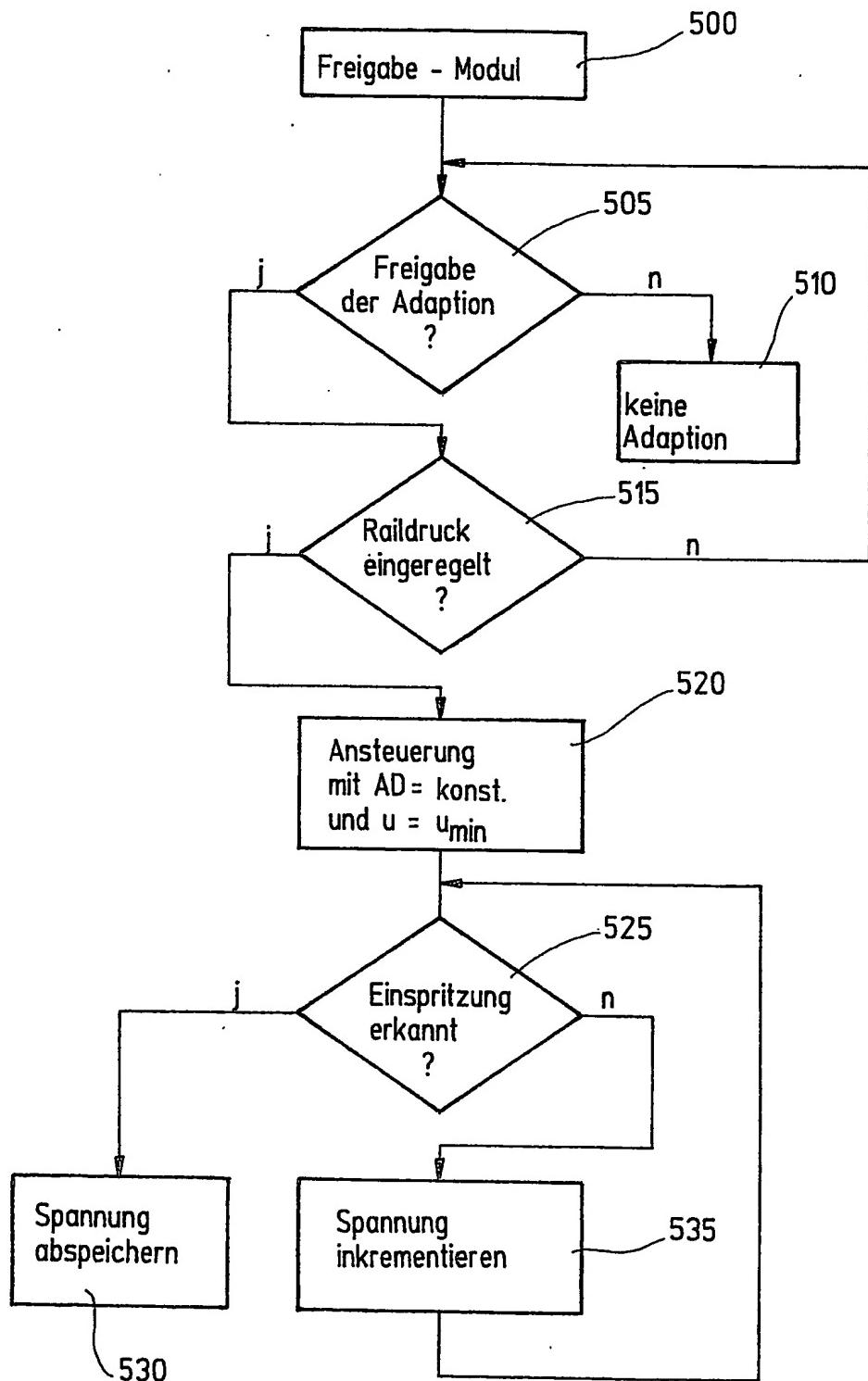


Fig.5.